Für die Vollständigkeit und Richtigkeit der einzelnen Inhalte der Vorlesung 61-020 „Einführung in die Pflanzenphysiologie“ kann keine Gewähr übernommen werden.

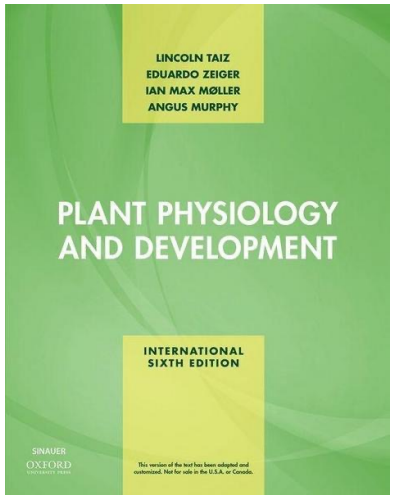
Es ist nicht gestattet, diese Vorlesung oder Teile dieser Vorlesung ohne ausdrückliche Genehmigung der Dozentinnen und Dozenten für die Wiedergabe im Druck, Vorträge oder eine andere Art der Veröffentlichung, auch nicht im Internet, zu verwenden. Für Teile der Abbildungen liegen die Rechte bei Buchverlagen, wissenschaftlichen Zeitschriften oder bei den Dozentinnen und Dozenten dieser Veranstaltung.

Hamburg, 17.10. 2022 Prof. Stefan Hoth

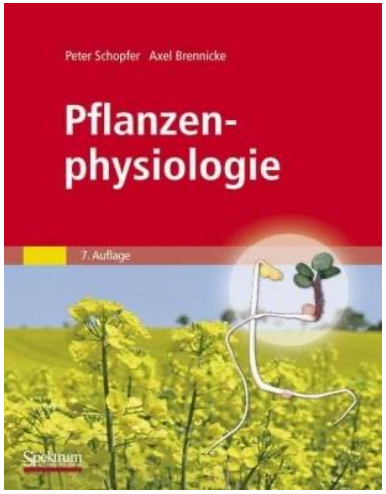
Geplanter Ablauf der Vorlesung

17. Oktober 2022	Wasserhaushalt
24. Oktober 2022	Mineralstoffernährung
7. November 2022	Mineralstoffernährung/ Bodenkunde
14. November 2022	Photosynthese
21. November 2022	Photosynthese
28. November 2022	Photosynthese
5. Dezember 2022	Photosynthese
12. Dezember 2022	Photosynthese
19. Dezember 2022	Pflanzenhormone
9. Januar 2023	Pflanzenhormone
16. Januar 2023	Pflanzenhormone
23. Januar 2023	Photosynthese/ Licht als Entwicklungsstimulus
30. Januar 2023	Licht als Entwicklungsstimulus

Taiz/ Zeiger

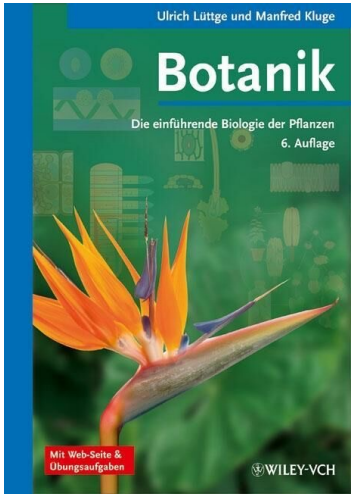


Schopfer/ Brennicke

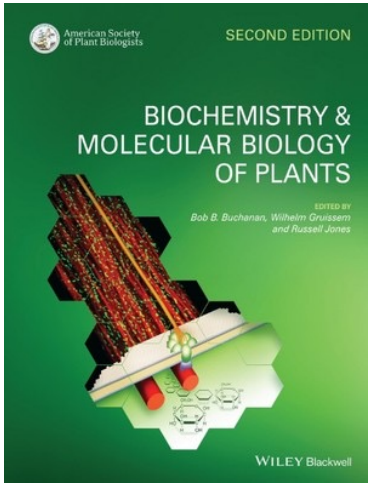


Strasburger

Lüttge/ Kluge/ Thiel



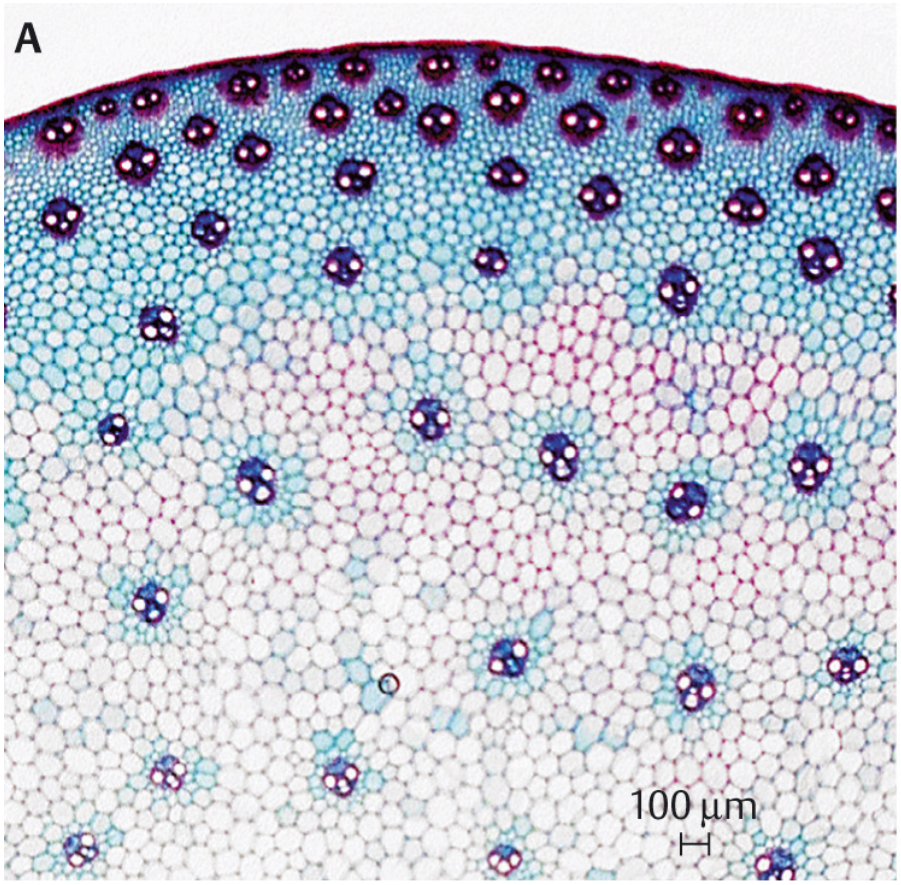
Buchanan/ Gruissem/ Jones

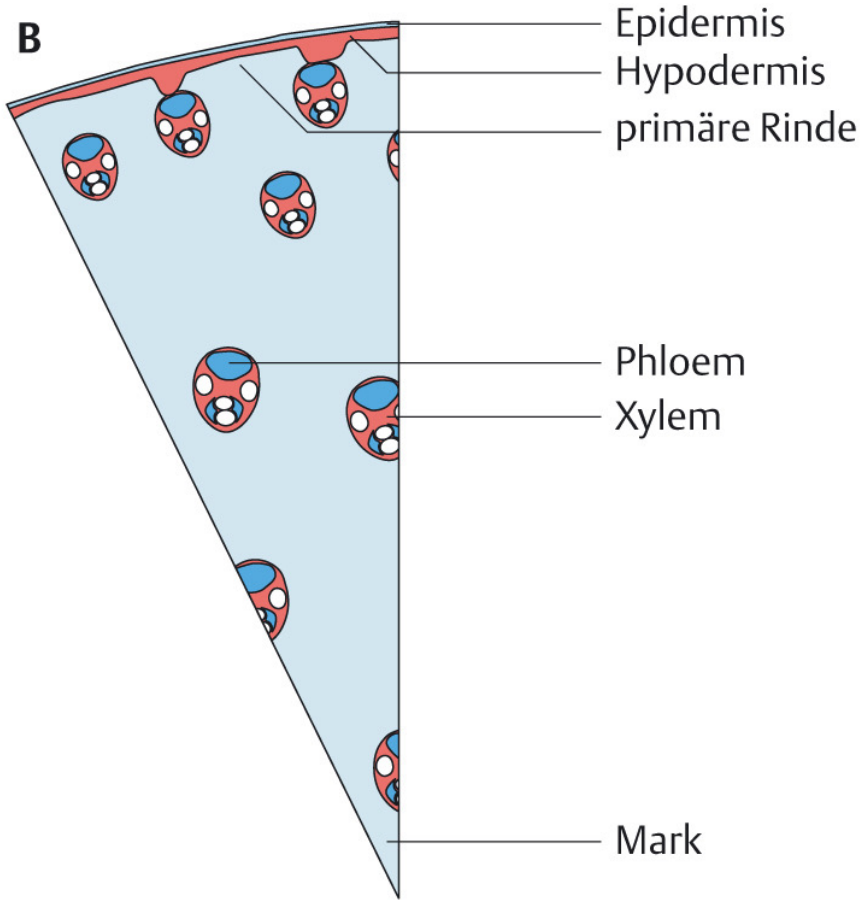


Wasserhaushalt in Pflanzen

Wasserhaushalt in Pflanzen

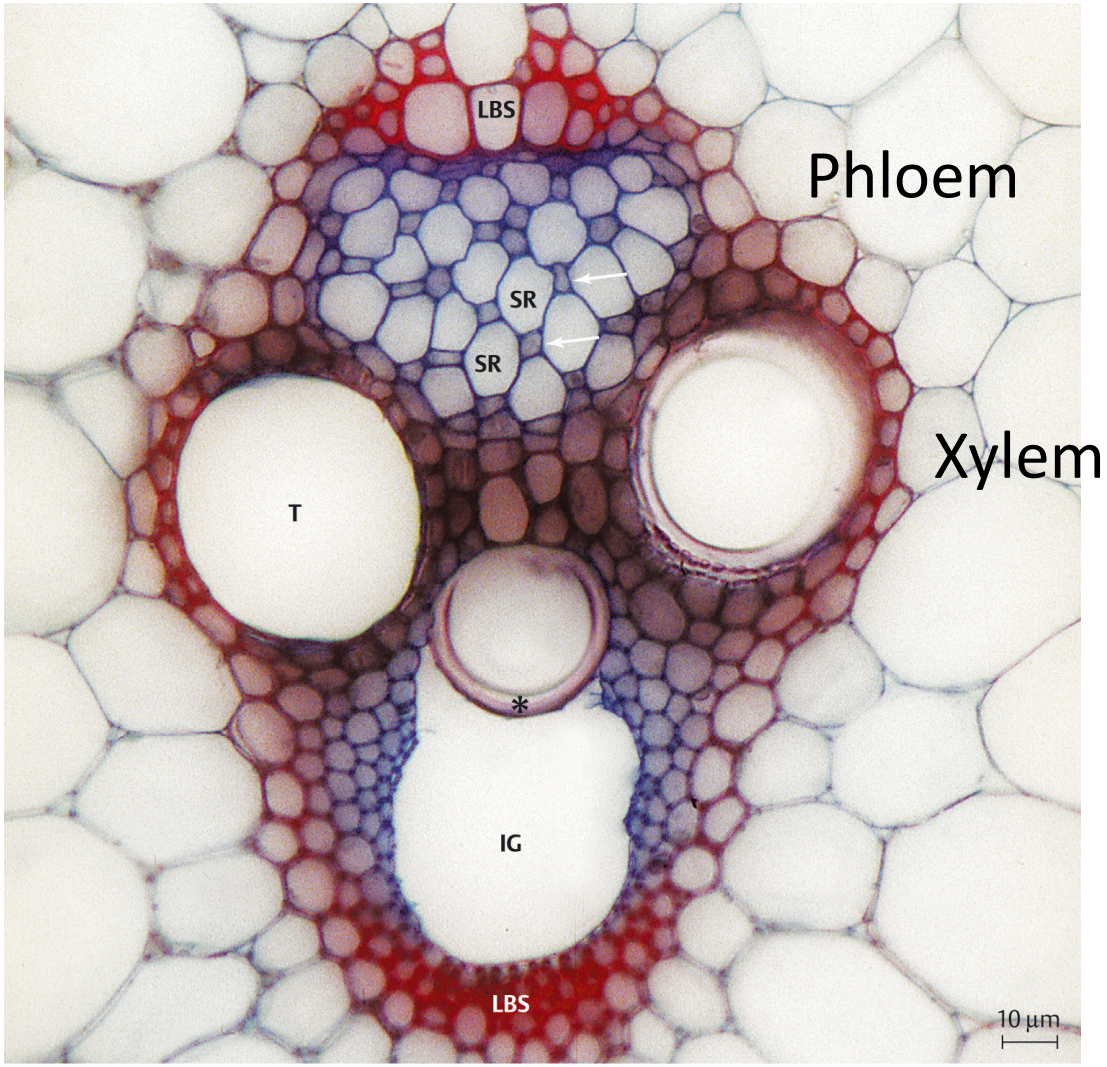
Langstreckentransport in Pflanzen





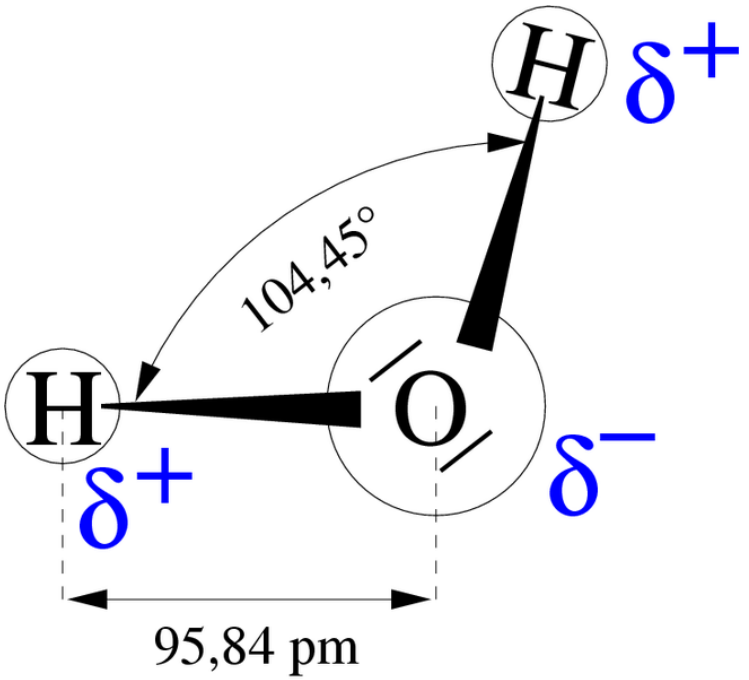
© Georg Thieme Verlag · Wanner: Praktikum · 1. Aufl. 2004

Langstreckentransport in Pflanzen



© Georg Thieme Verlag · Wanner: Praktikum · 1. Aufl. 2004

Wasserhaushalt in Pflanzen



- Häufigste Verbindung in Zellen
- Grundlegende Funktionen
  - Polares Lösungsmittel
  - Substrat im Stoffwechsel
  - Strukturelle Funktion

Wasserhaushalt in Pflanzen

http://www.f-2.me/blog/wp-content/uploads/2009/12/pose1_v15.jpg

Wasserhaushalt in Pflanzen

Zu geringe Wasserverfügbarkeit

- Reduktion der Photosynthese
- Reduktion des Wachstums
- Welke
- Absterben

Das Wasserpotential-Konzept

- Wasserpotential: $\Psi_{H_2O} = \Psi_P + \Psi_S + \Psi_M + \Psi_g$

Einheit: MPa

Ψ_P : Druckpotential
Ψ_S : Osmotisches Potential
Ψ_M: Matrixpotential
Ψ_g : Gravitationspotential

- Wasserpotentialgradient $\Delta\Psi_{H_2O}$

  ➔ Treibende Kraft des Wassertransports

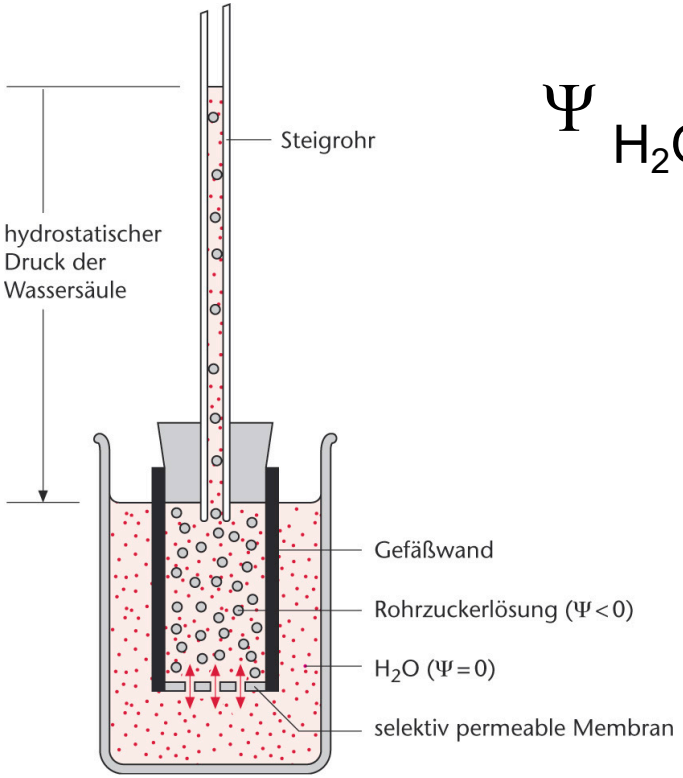
- Transport vom Ort des positiveren Wasserpotentials zum Ort des negativeren Potentials

Der zelluläre Wasserhaushalt

- Transportmechanismus ist die Diffusion
- Osmose: Teilchendiffusion durch semipermeable Membranen

Wilhelm Pfeffer

beschrieb 1877 ein Osmometer, die Pfeffersche Zelle

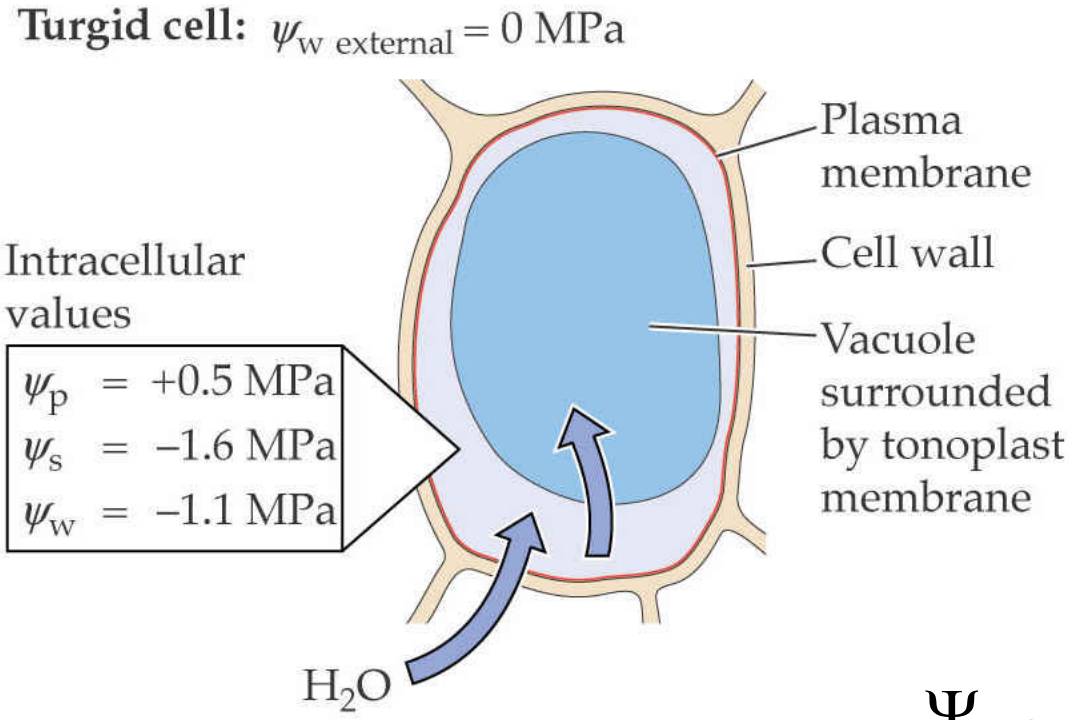


Aus: Strasburger, *Lehrbuch der Botanik, 36. Aufl.*
© Spektrum Akademischer Verlag GmbH 2008

$$\Psi_{H_2O} = \Psi_P + \Psi_S$$

Bewegung von Wasser in Zellen hinein

- Zelle in hypotonischem Medium ➔ Turgeszenz



$$\Psi_{H_2O} = \Psi_P + \Psi_S$$

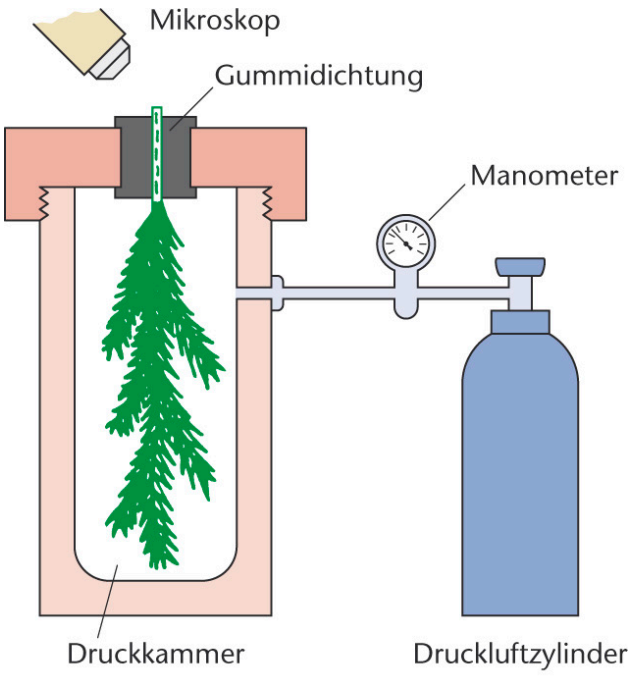
$$\Psi_{H_2O}\ (extern) > \Psi_{H_2O}\ (intern)$$

Aus: BUCHANAN, GRUISSEM, JONES
BIOCHEMISTRY & MOLECULAR BIOLOGY OF PLANTS
©American Society of Plant Biologists, 2006

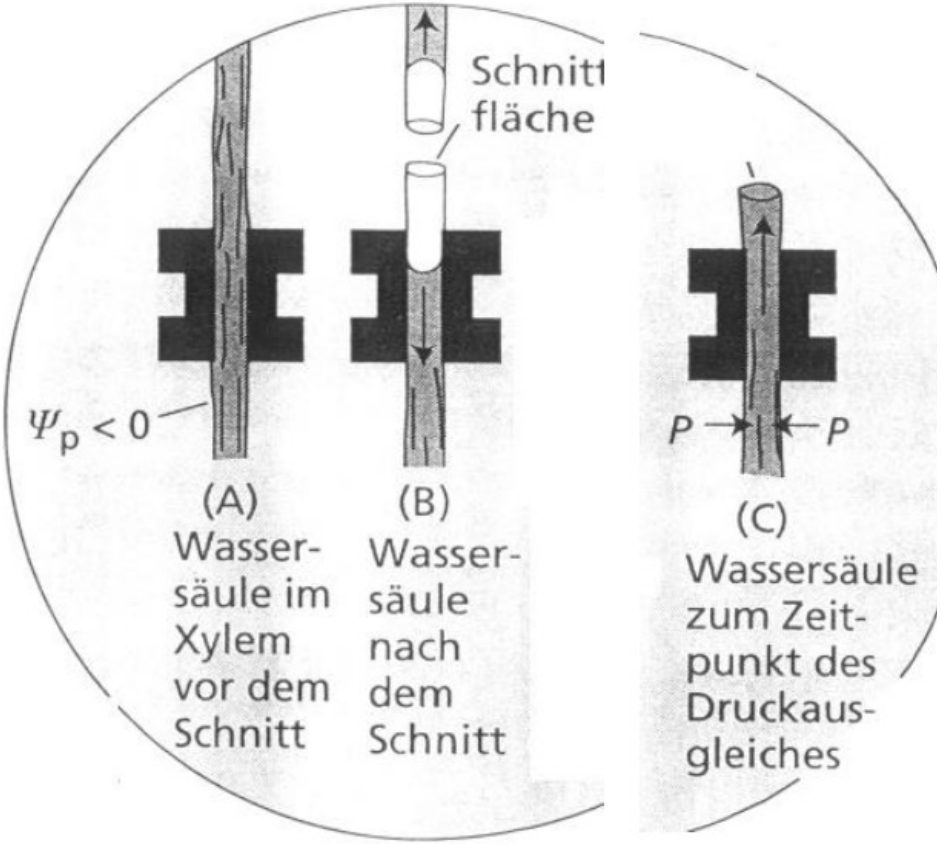
Messung des Wasserpotentials

$$\Psi_{H_2O} = \Psi_P + \Psi_S$$

- Scholander Bombe



Aus: Strasburger, *Lehrbuch der Botanik, 36. Aufl.*
© Spektrum Akademischer Verlag GmbH 2008



Messung des Wasserpotentials

- Scholander Bombe

Messung des Wasserpotentials

- Scholander Bombe

Messung des Wasserpotentials

- Ψ_{H_2O} = Maß für den Zustand einer Pflanze

Bohne gut gewässert: Ψ_{H_2O} = - 0,25 MPa

Bohne leicht gewelkt: Ψ_{H_2O} = - 0,55 MPa

Baumwolle gut gewässert: Ψ_{H_2O} = - 0,70 MPa

Baumwolle leicht gewelkt: Ψ_{H_2O} = - 1,40 MPa

Messung des Wasserpotentials

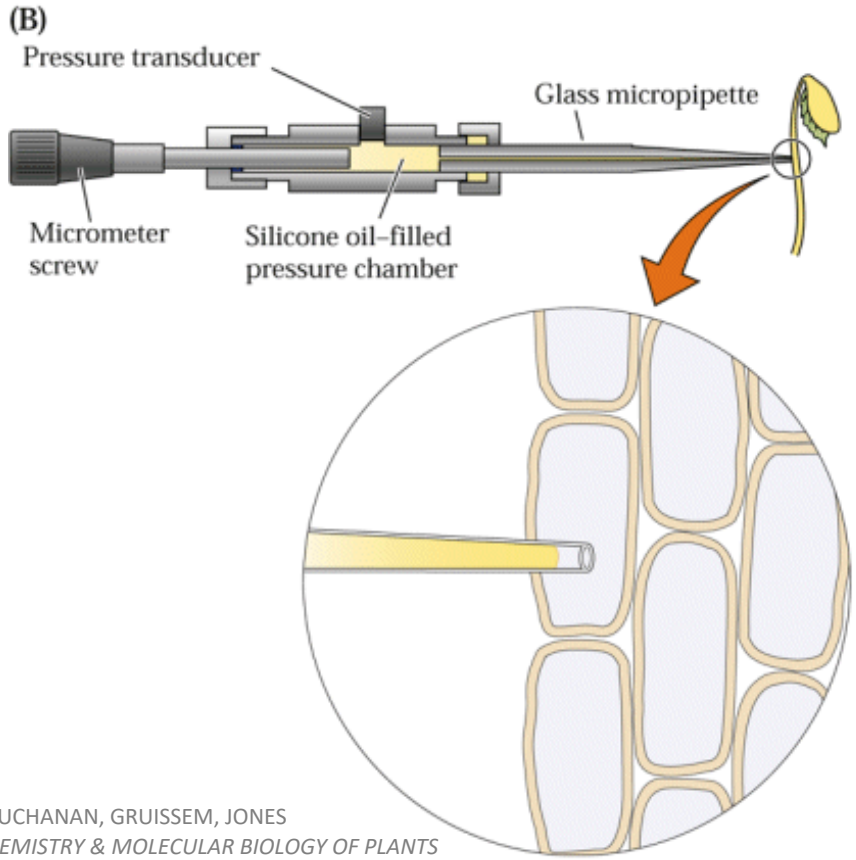
Messung des Wasserpotentials

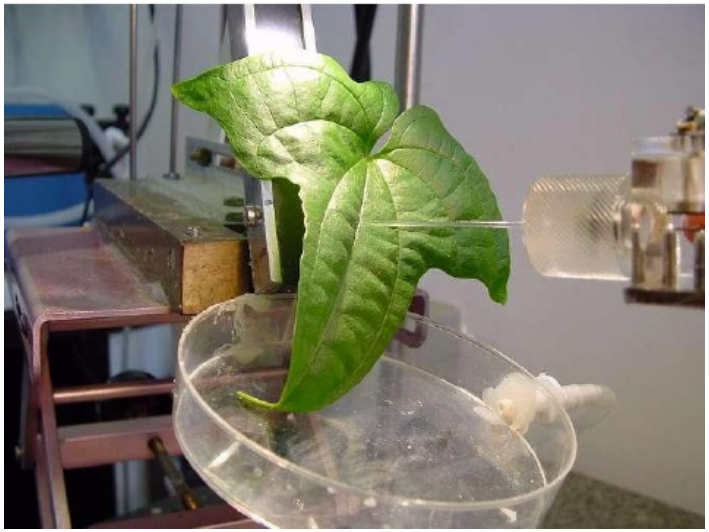
Messung des Wasserpotentials

Messung des Druckpotentials

$$\Psi_{H_2O} = \Psi_P + \Psi_S$$

- Druckmess-Sonde

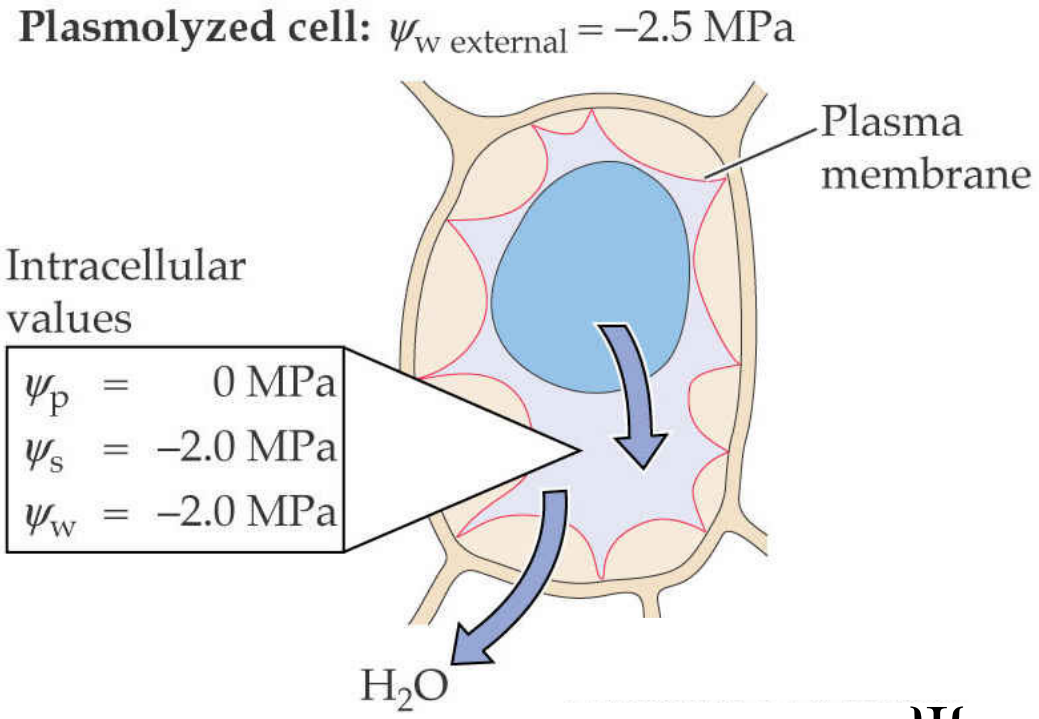




Aus: BUCHANAN, GRUISSEM, JONES
BIOCHEMISTRY & MOLECULAR BIOLOGY OF PLANTS
©American Society of Plant Biologists, 2006

Bewegung von Wasser aus Zellen heraus

- Zelle in hypertonischem Medium ➔ Welke



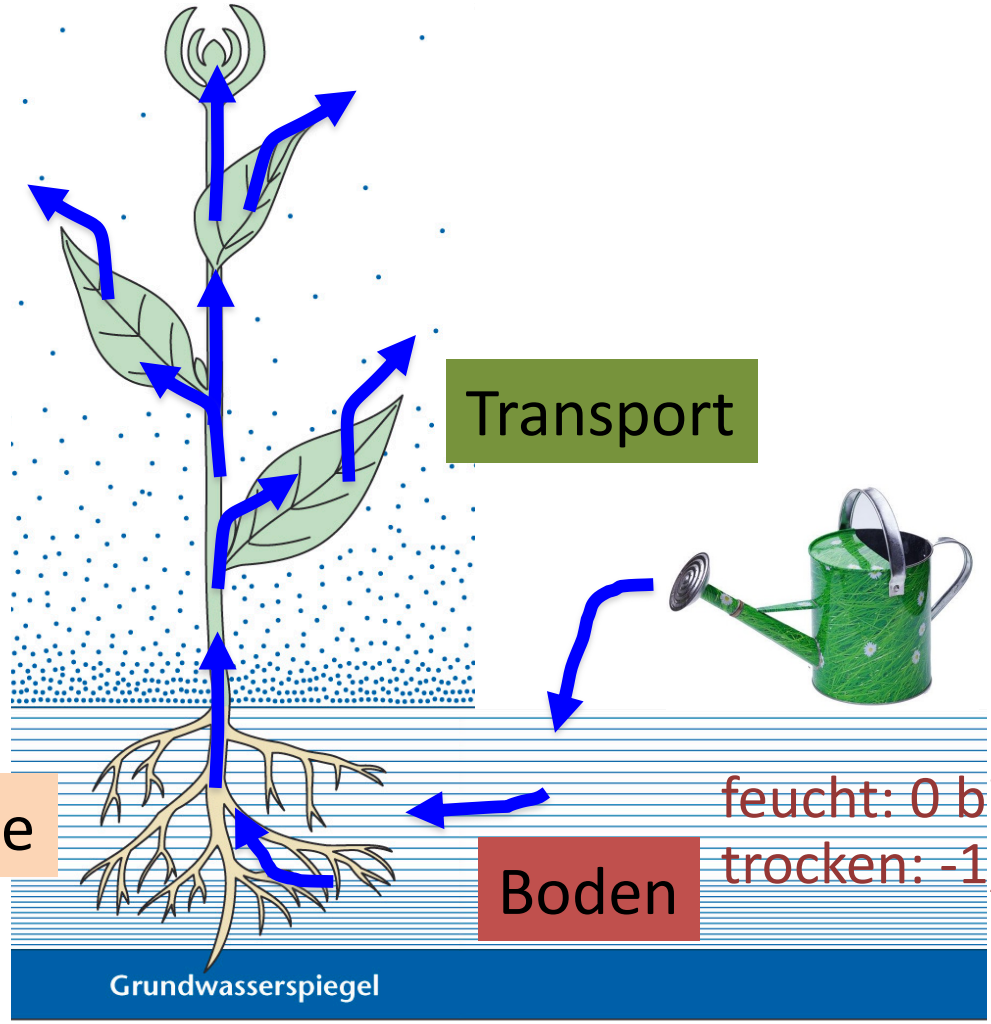
Ψ_{H_2O} (extern) < Ψ_{H_2O} (intern)

Aus: BUCHANAN, GRUISSEM, JONES
BIOCHEMISTRY & MOLECULAR BIOLOGY OF PLANTS
©American Society of Plant Biologists, 2006

Aufnahme von Wasser aus dem Boden

Transpiration

Transport



Aus: Strasburger, *Lehrbuch der Botanik, 36. Aufl.*
© Spektrum Akademischer Verlag GmbH 2008

Wurzel:
-0,5 bis -2,0 MPa

Aufnahme

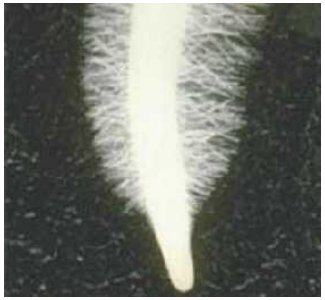
Boden

feucht: 0 bis -0,4 MPa
trocken: -1,5 bis -2,5 MPa

Ψ_{H_2O}

Wasseraufnahme in die Wurzel

- Ausgedehnte Kontaktfläche Wurzel - Boden

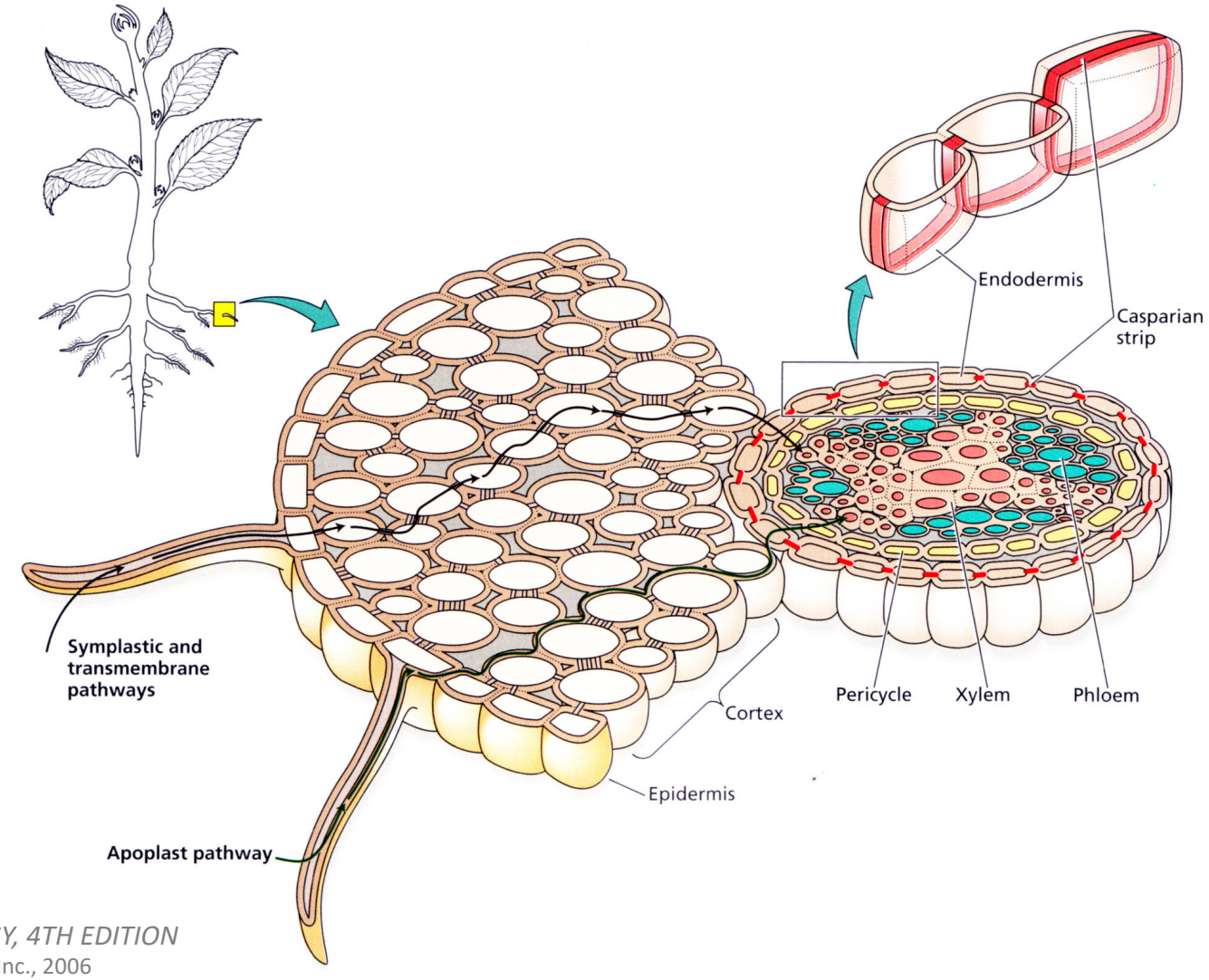


http://bio1151.nicerweb.com

Wurzelhaare:
Extension von Epidermiszellen

- Wie gelangt das Wasser vom Ort der Aufnahme („außen“) zum Ort des Langstreckentransports („innen“, Xylem)?

Radialer Wassertransport im Wurzelgewebe

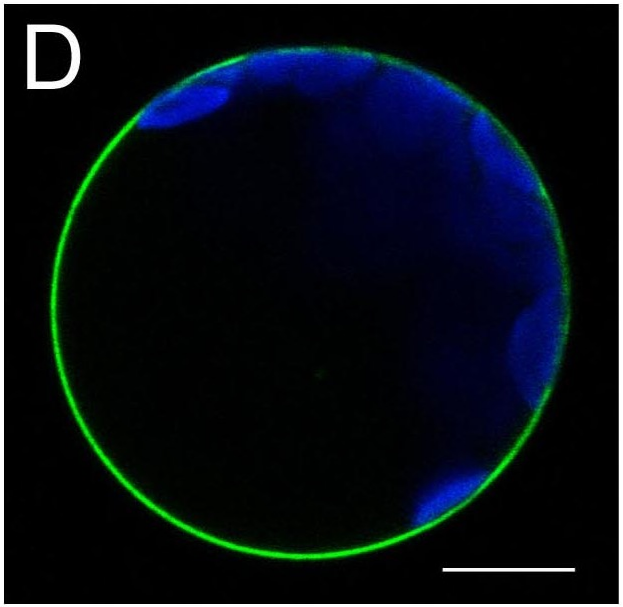


Aus: TAIZ, ZEIGER
PLANT PHYSIOLOGY, 4TH EDITION
©Sinauer Associates, Inc., 2006

Eigenschaften biologischer Membranen

Aus: Berg/Tymoczko/Stryer, *Biochemie*, 6. Aufl., © 2007 Elsevier GmbH

- Blattartige Struktur, 2 Moleküle dick
- Dicke: 6 bis 10 nm
- Aufbau aus Lipiden und Proteinen
- Selektive Permeabilität



Funktionen biologischer Membranen

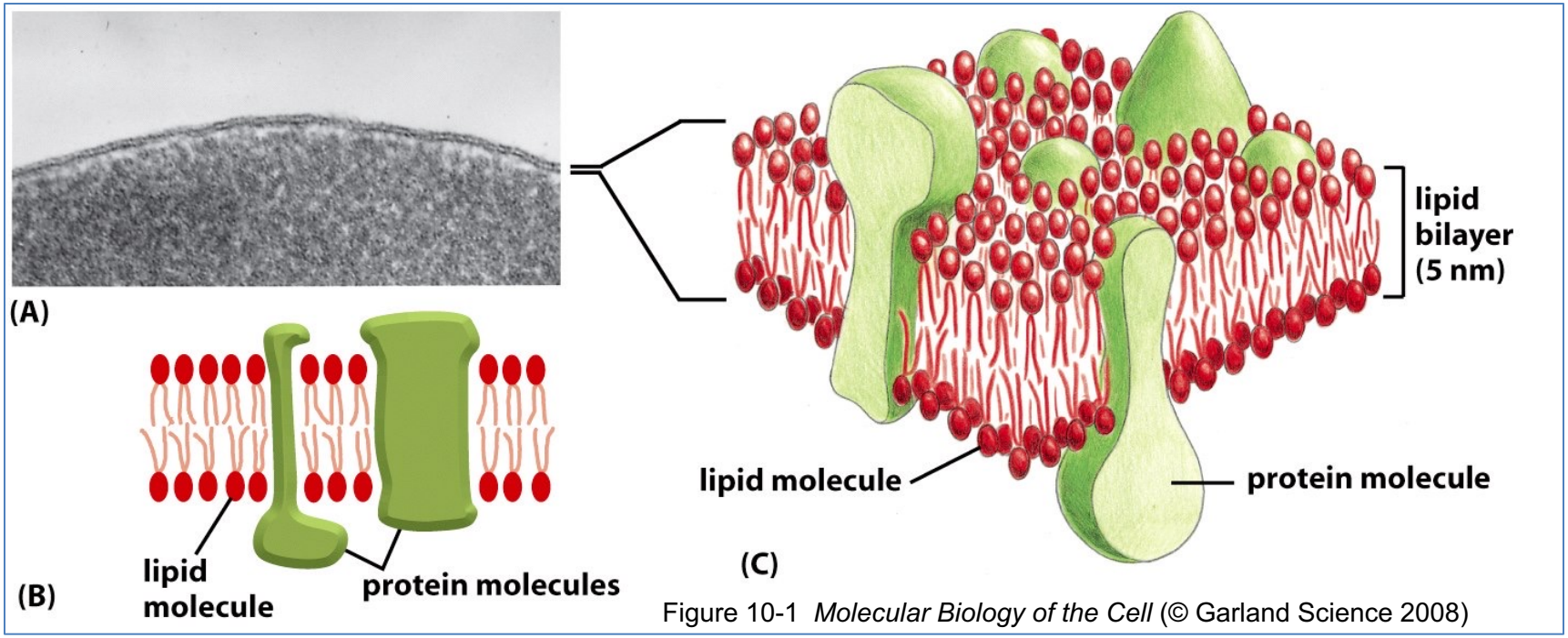


Figure 10-1 *Molecular Biology of the Cell* (© Garland Science 2008)

- Abgrenzung, Kompartimentierung, mechanische Verbindung
- Umwandlung von Energie, Stoffaustausch
- Signalgebung

Membranlipide

- Phosphatidylcholin

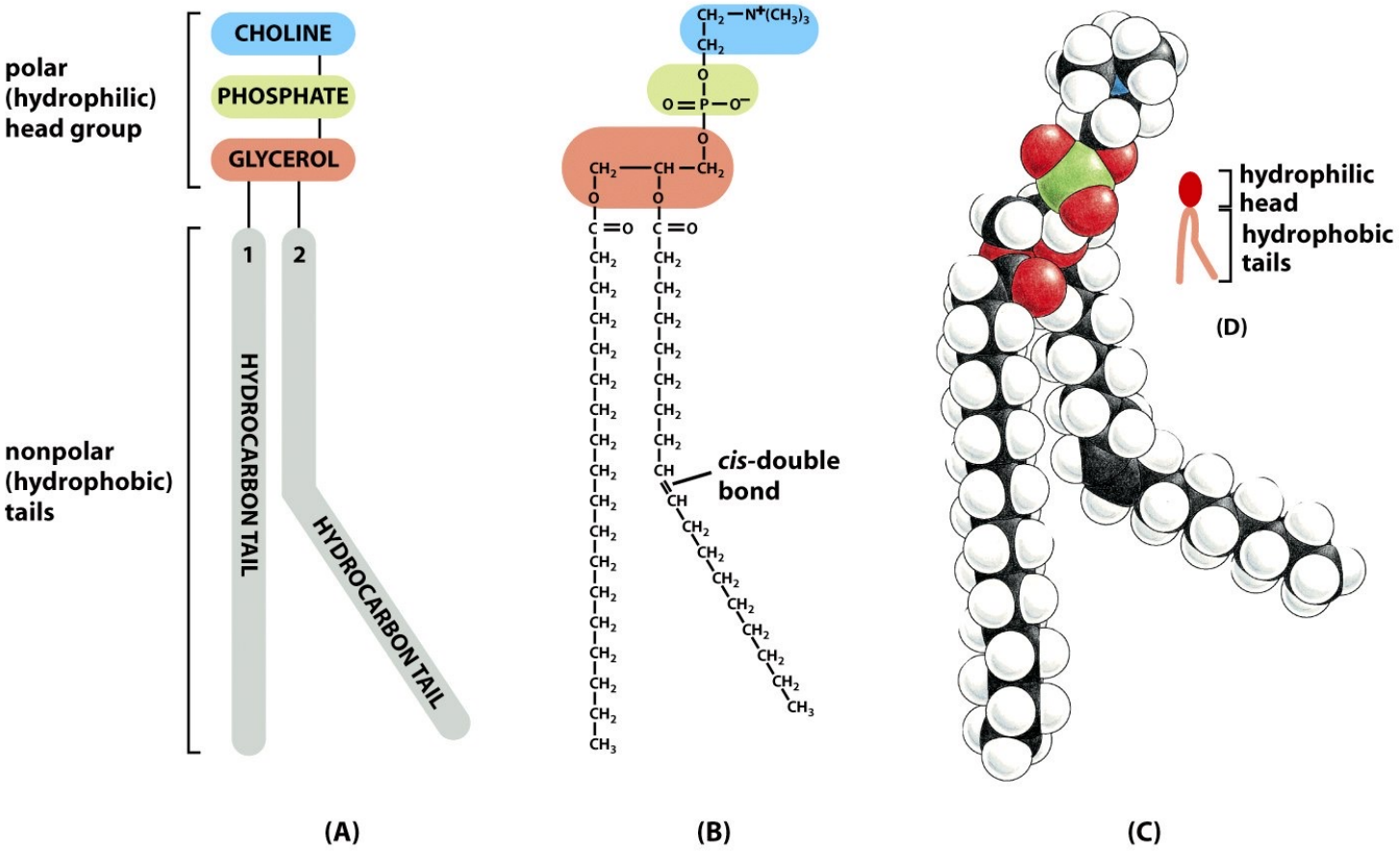
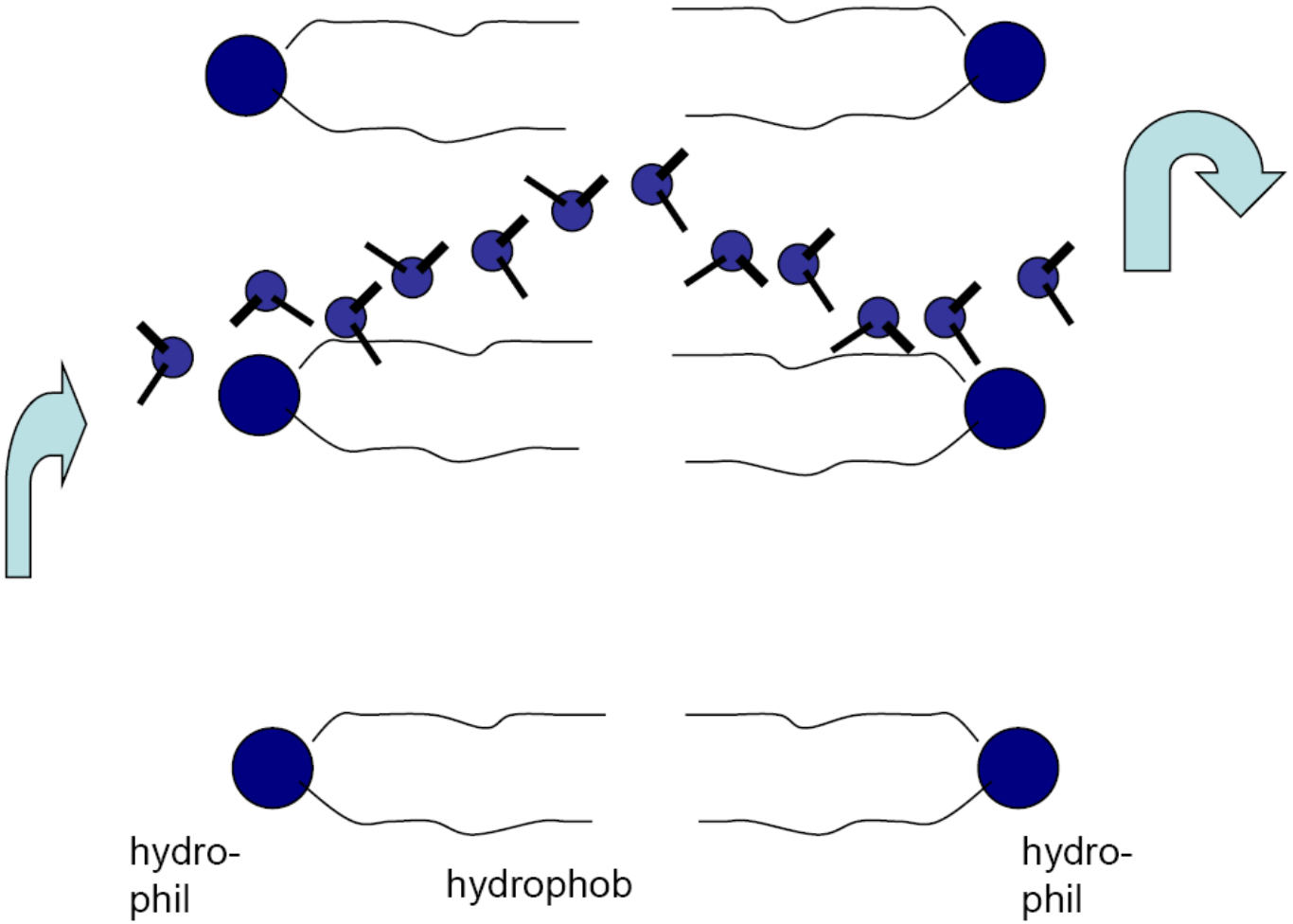
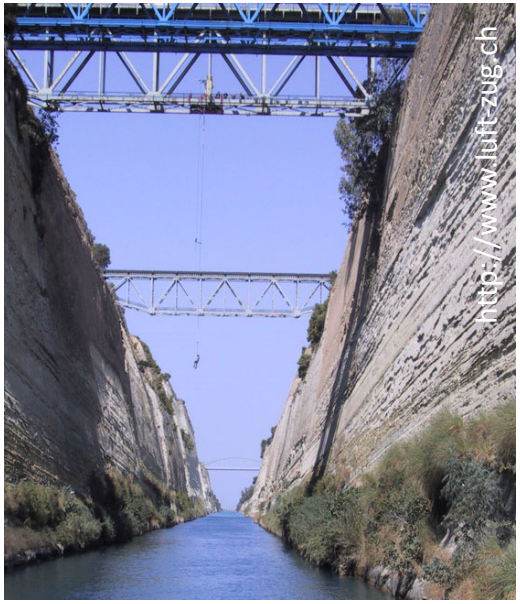


Figure 10-2 Molecular Biology of the Cell 5/e (© Garland Science 2008)

Wasserdiffusion durch die Lipiddoppelschicht



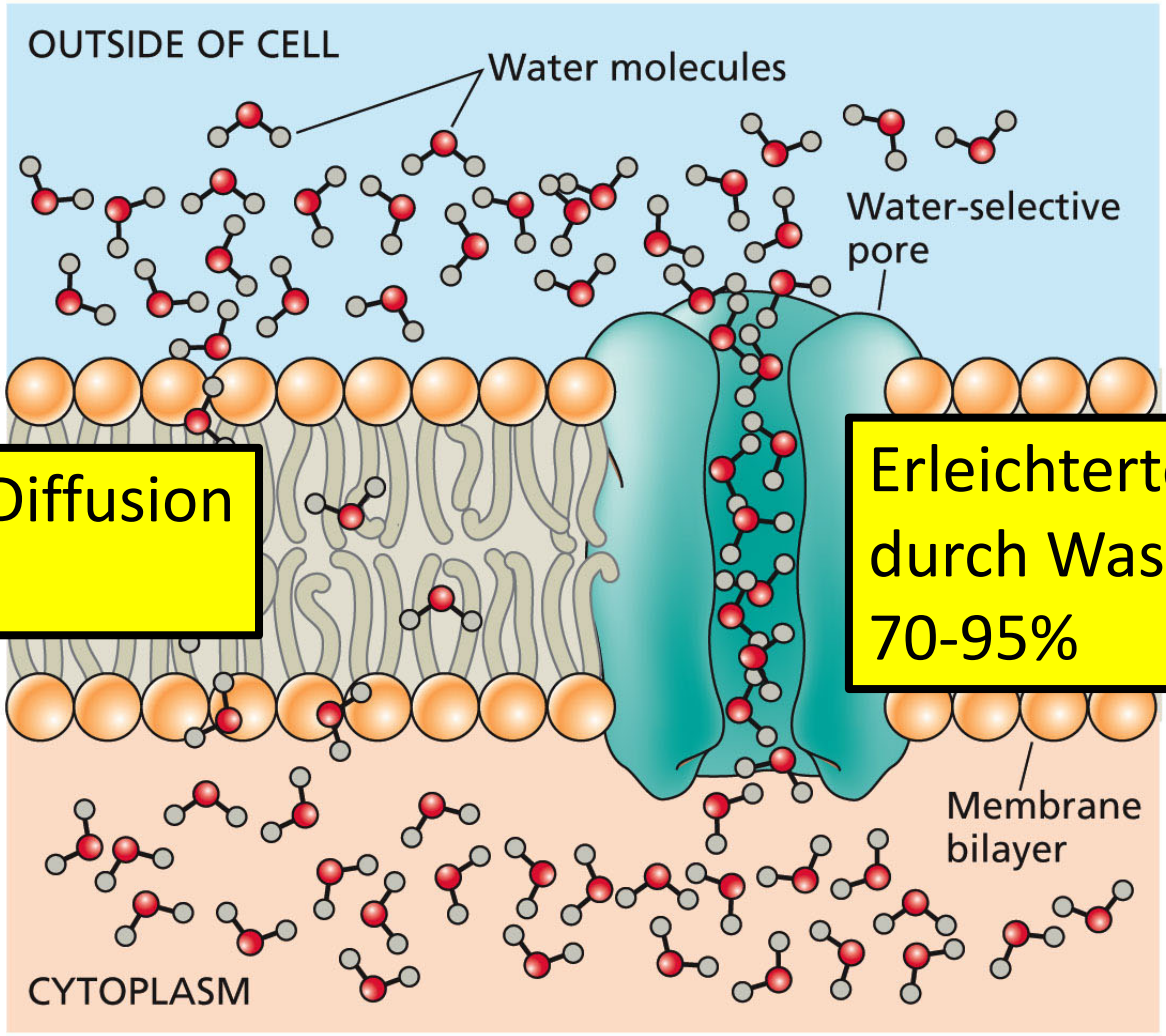
Wasserkanäle - Aquaporine



Proc. Natl. Acad. Sci. USA 95 (1998)

- Aquaporine erhöhen die Wasserleitfähigkeit

Wasserpermeation durch Membranen

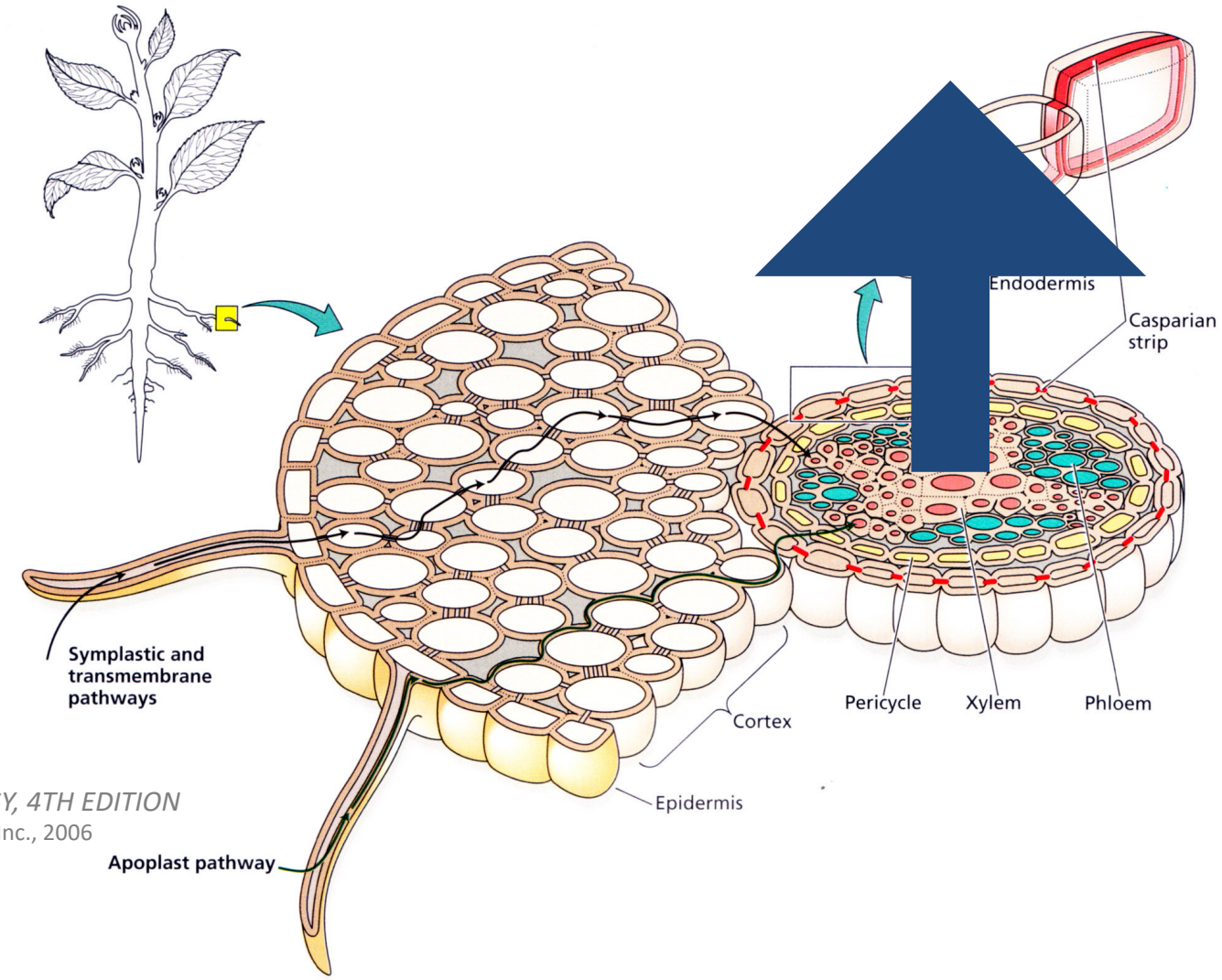


Passive Diffusion
5-30%

Erleichterte Diffusion durch Wasserkanäle
70-95%

PLANT PHYSIOLOGY, Fourth Edition, **Figure 3.13** © 2006 Sinauer Associates, Inc.

Radialer Wassertransport im Wurzelgewebe



Aus: TAIZ, ZEIGER
PLANT PHYSIOLOGY, 4TH EDITION
©Sinauer Associates, Inc., 2006

Wassertransport in Pflanzen

Wassertransport in der Pflanze

Luft (<50%): -100 MPa
Luft (>90%): -10 MPa

Transpiration

Blätter: -0,5 bis -2,5 MPa

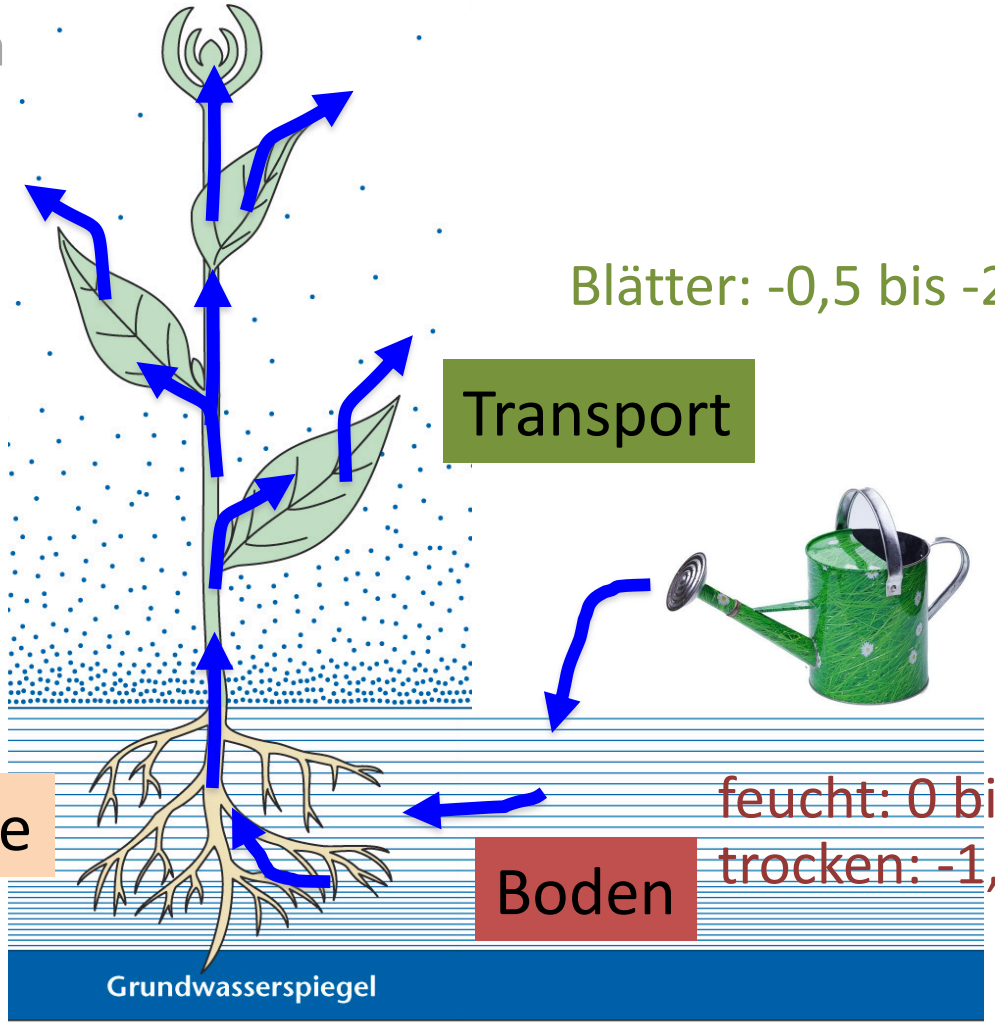
Transport

Wurzel:
-0,5 bis -2,0 MPa

Aufnahme

feucht: 0 bis -0,4 MPa
trocken: -1,5 bis -2,5 MPa

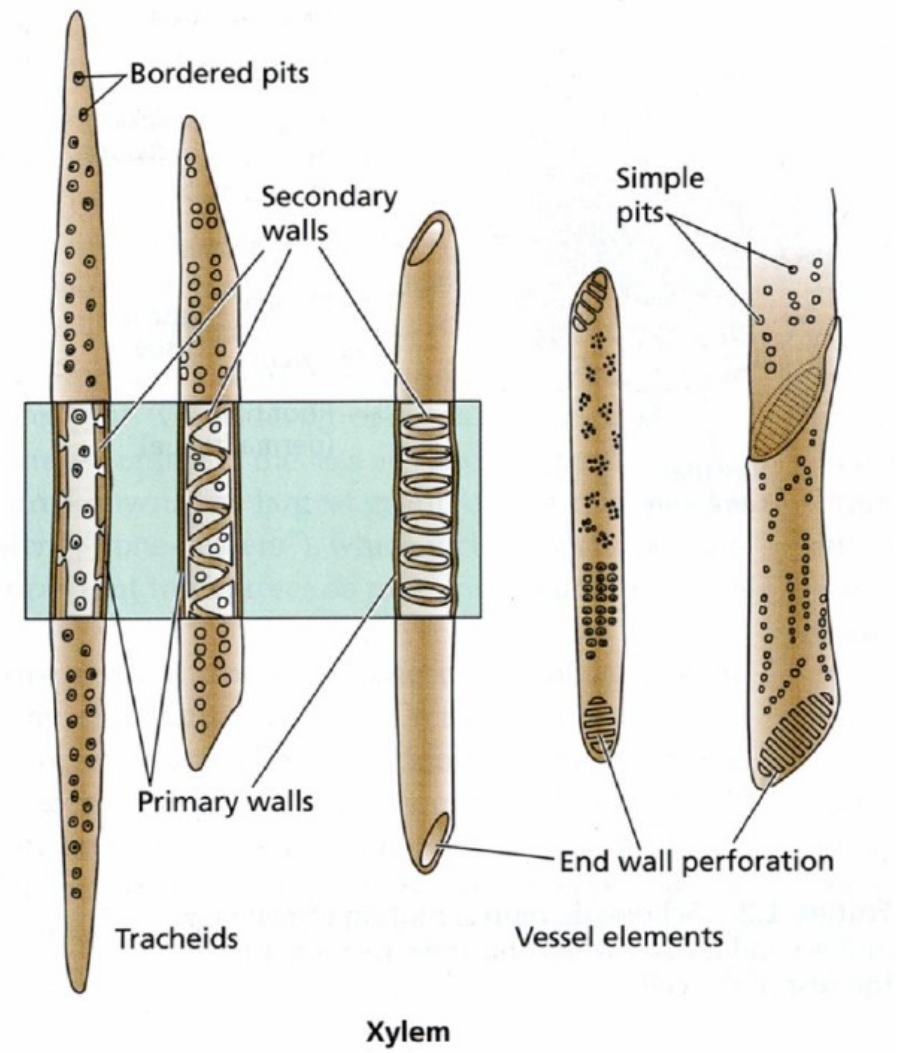
Boden

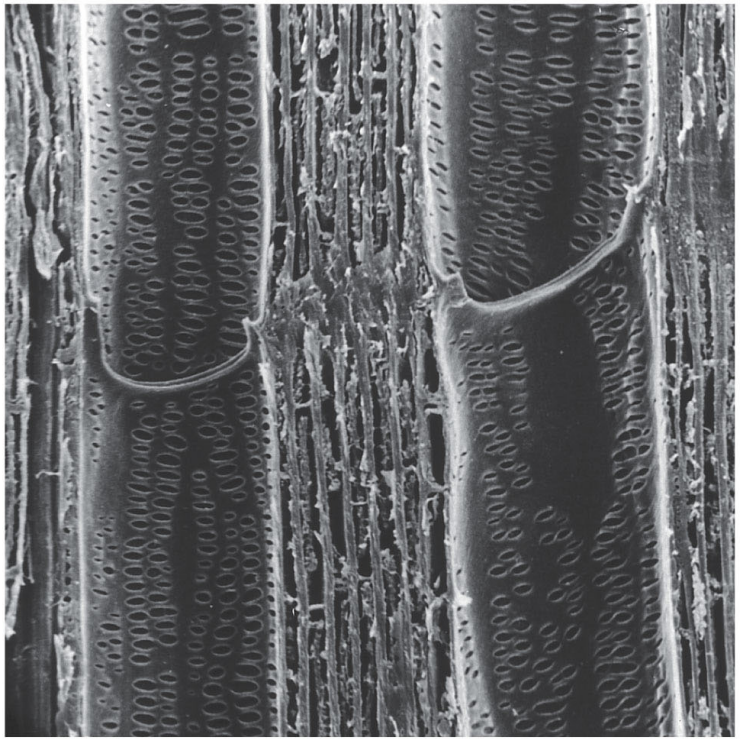


Aus: Strasburger, *Lehrbuch der Botanik, 36. Aufl.*
© Spektrum Akademischer Verlag GmbH 2008

Ψ_{H_2O}

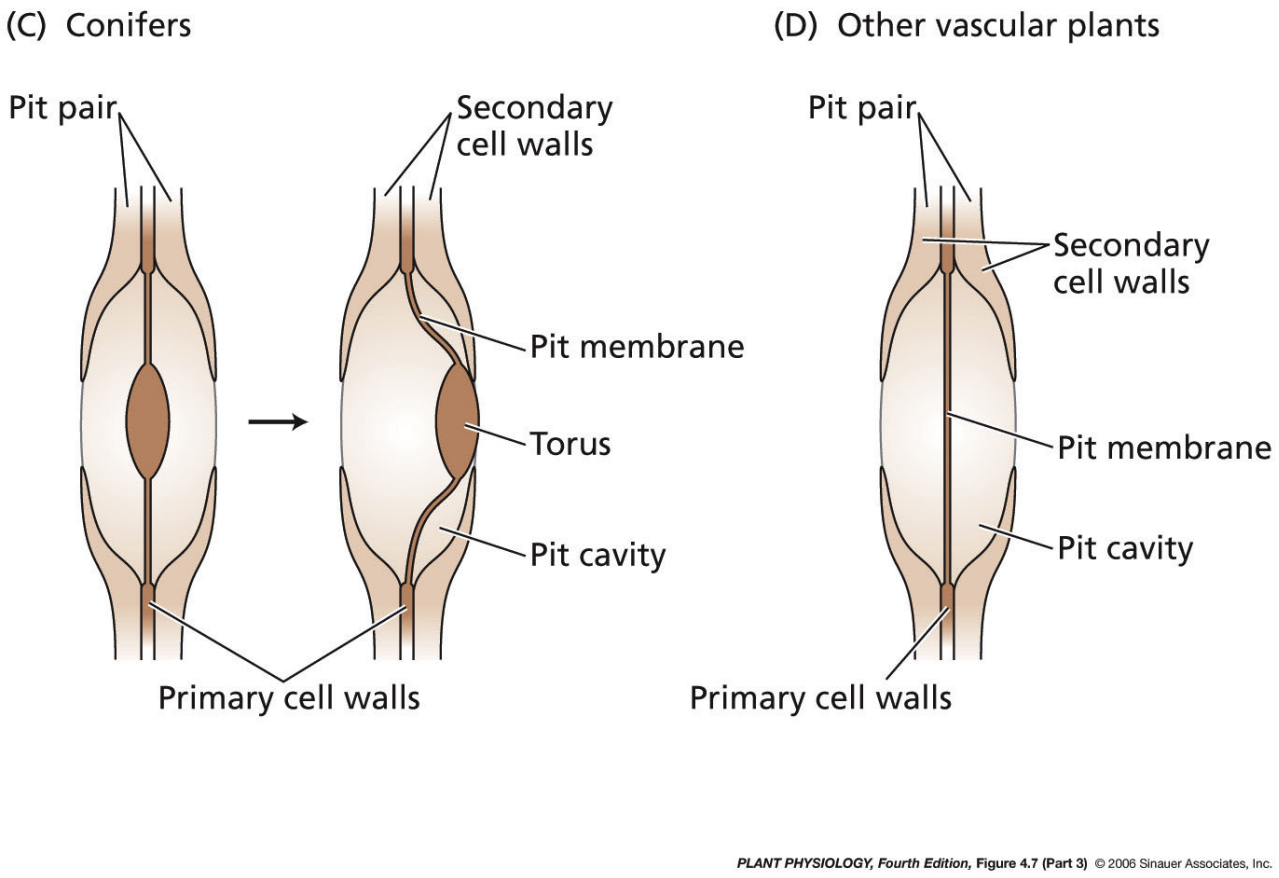
Wassertransport im Xylem





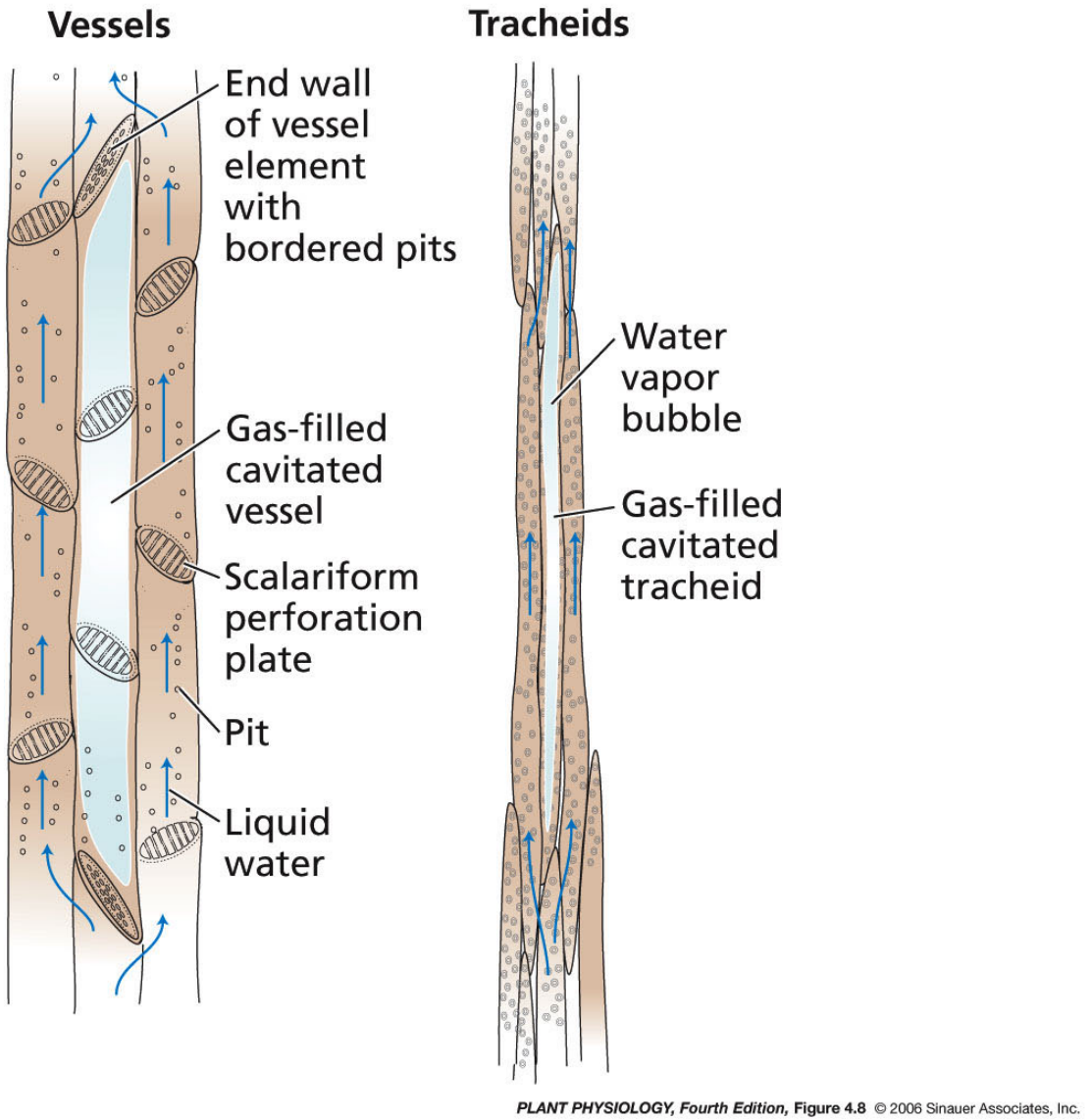
PLANT PHYSIOLOGY, Fourth Edition, Figure 4.7 (Part 2) © 2006 Sinauer Associates, Inc.

Wassertransport im Xylem



PLANT PHYSIOLOGY, Fourth Edition, Figure 4.7 (Part 3) © 2006 Sinauer Associates, Inc.

Wassertransport im Xylem

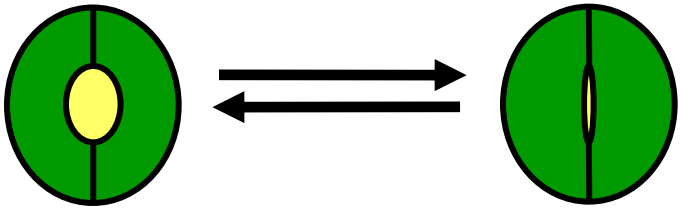


PLANT PHYSIOLOGY, Fourth Edition, **Figure 4.8** © 2006 Sinauer Associates, Inc.

Transpiration in den Blättern

- Transport durch Diffusion reicht nicht aus!
- Kapillarkräfte reichen nicht aus!

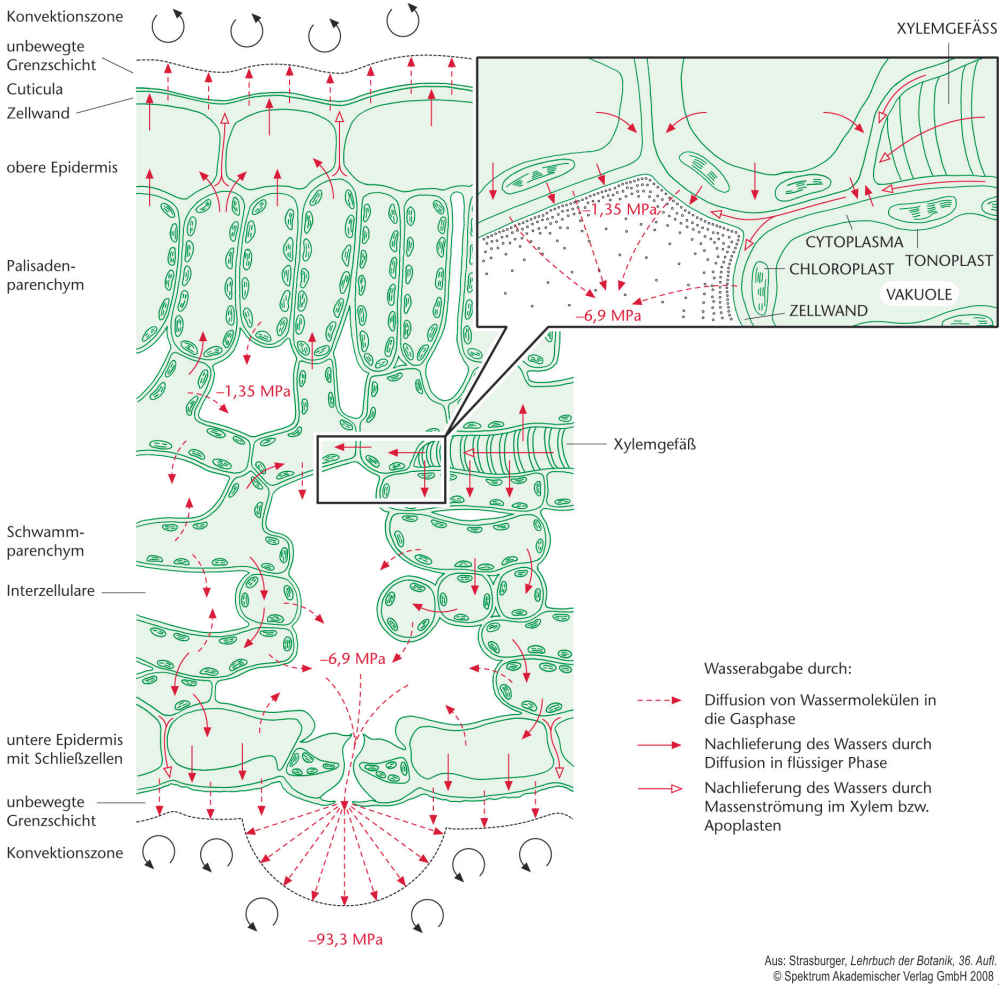
Trockenheit
ABA
Viel CO_2 innen



Licht
Viel K^+
Wenig CO_2 im Blatt

Transpiration im Blatt

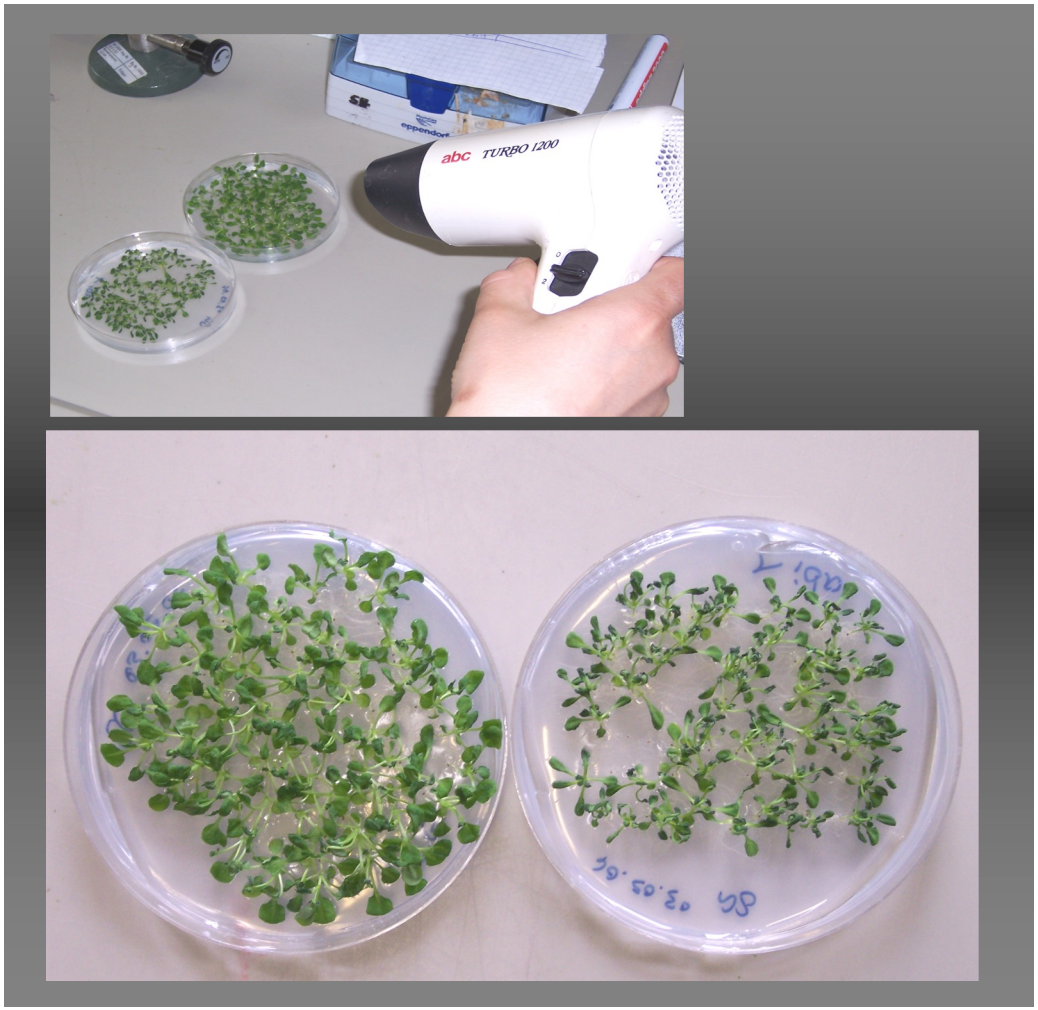
- Transpiration: Übertritt von H_2O in die Gasphase, Abgabe als Wasserdampf



Aus: Strasburger, *Lehrbuch der Botanik, 36. Aufl.*
© Spektrum Akademischer Verlag GmbH 2008

- Transpiration von Wasser aus den Interzellularen durch die Stomata
- Austrocknung der Zell-wand von Mesophyllzellen
- Nachlieferung durch Diffusion
- Nachlieferung durch Massenströmung (Xylem)

Transpiration in den Blättern

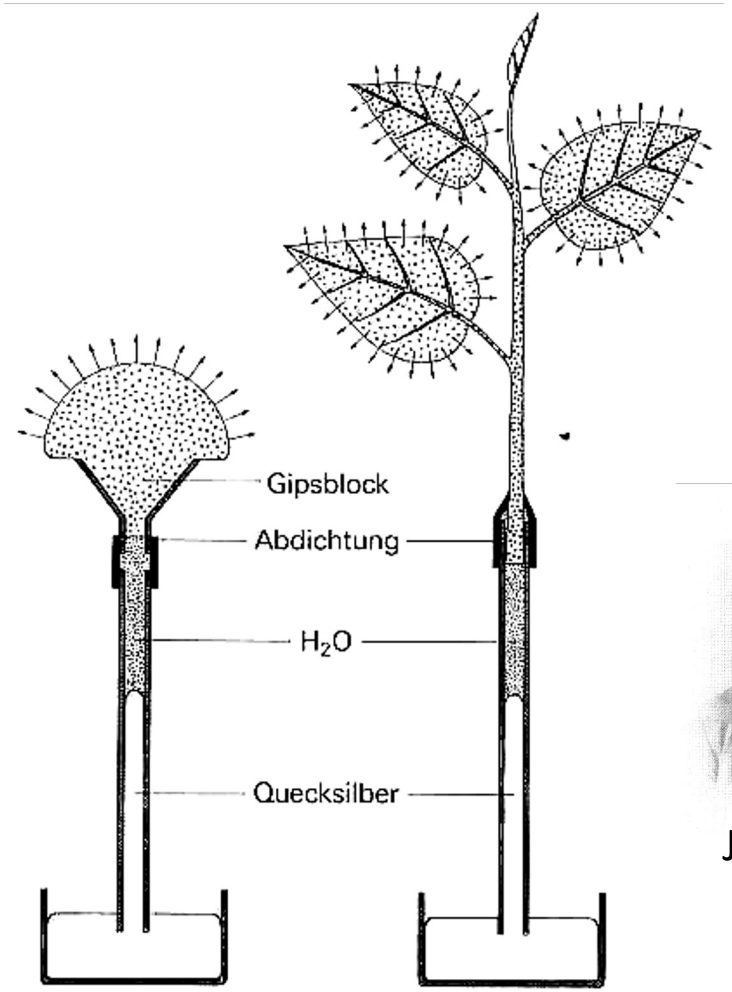


Langstreckentransport im Xylem

- Transpiration ➔ Negativer Druck (= Sog) im Xylem
- Wasserkontinuum vom Blatt bis in die Wurzel
- Geringer Strömungswiderstand in den abgestorbenen Leitungselementen des Xylems (Tracheen, Tracheiden)
- Geschwindigkeit des Transpirationsstroms: 0,5 bis 150 m h^{-1}

Hält das Kontinuum der „Zugspannung“ stand?

Langstreckentransport im Xylem



- Anheben einer Quecksilbersäule über 760 mm durch:
  - wassergetränkten Gipsblock
  - beblätterten Zweig

Josef Böhm (1893)

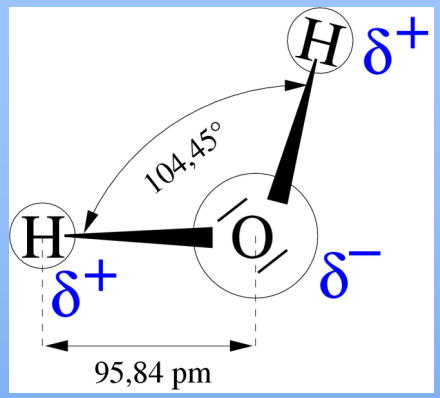
".... an den verdunstenden Blattzellen hängende Wasserfäden, deren untere Enden mit dem Bodenwasser in Verbindung stehen, finden sich zweifellos in den Pflanzen“

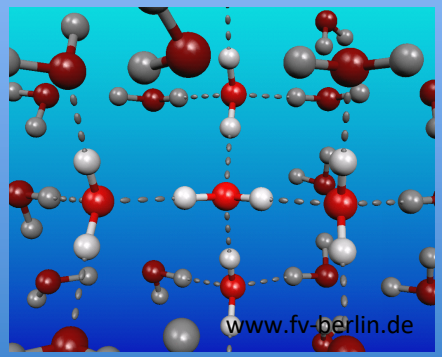
Wurzeldruck

- Guttation
- Keine Tau-tropfen!

- <u>Hydathoden:</u> Poren in Verbindung mit Endungen der Blattadern

Kohäsionstheorie der Wasserleitung

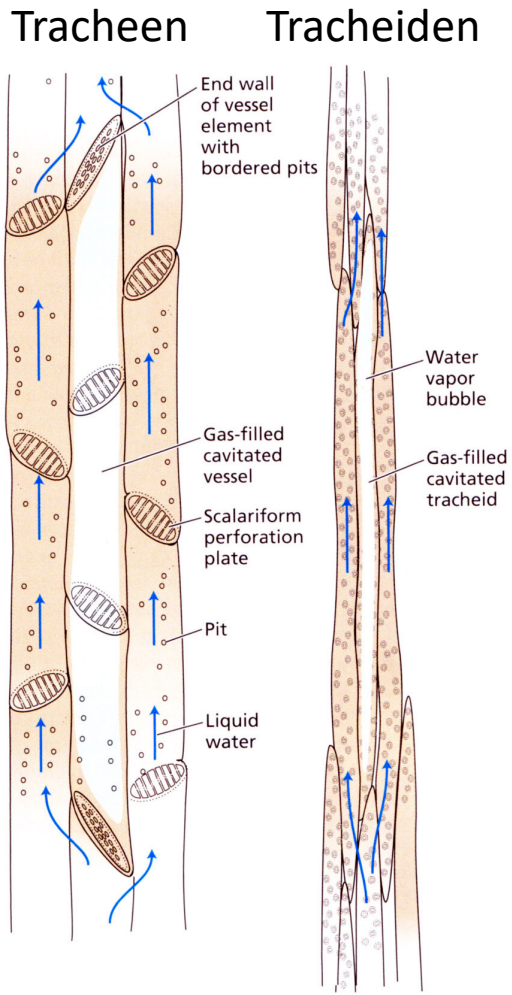




- Kohäsion der Wassermoleküle
  - ➔ Kohäsionstheorie der Wasserleitung
- Adhäsion der Wassermoleküle an die Gefäßwandungen

Probleme der Kohäsionstheorie

- Messung negativer Drücke im Xylem
- Wasser unter Spannung = metastabil
  - ➔ Reißfestigkeit?
- Spontane Bildung von Gasblasen in den Leitungsbahnen
  - ➔ Kavitation bis hin zur Embolie des Xylemgefäßes



Aus: TAIZ, ZEIGER
PLANT PHYSIOLOGY, 4TH EDITION
©Sinauer Associates, Inc., 2006

Wassertransport in Pflanzen

- ≥ 95% des aufgenommenen Wassers wird durch Transpiration abgegeben
- 1 Blatt verdunstet bis zu 100% des eigenen Wasser-gehalts pro Stunde
- Mais-Pflanzen transpirieren ca. 500 l Wasser in einer 4-monatigen Wachstumsperiode
- 1 Birke mit 200000 Blättern 400 l an heißen Tagen

Zusammenfassung

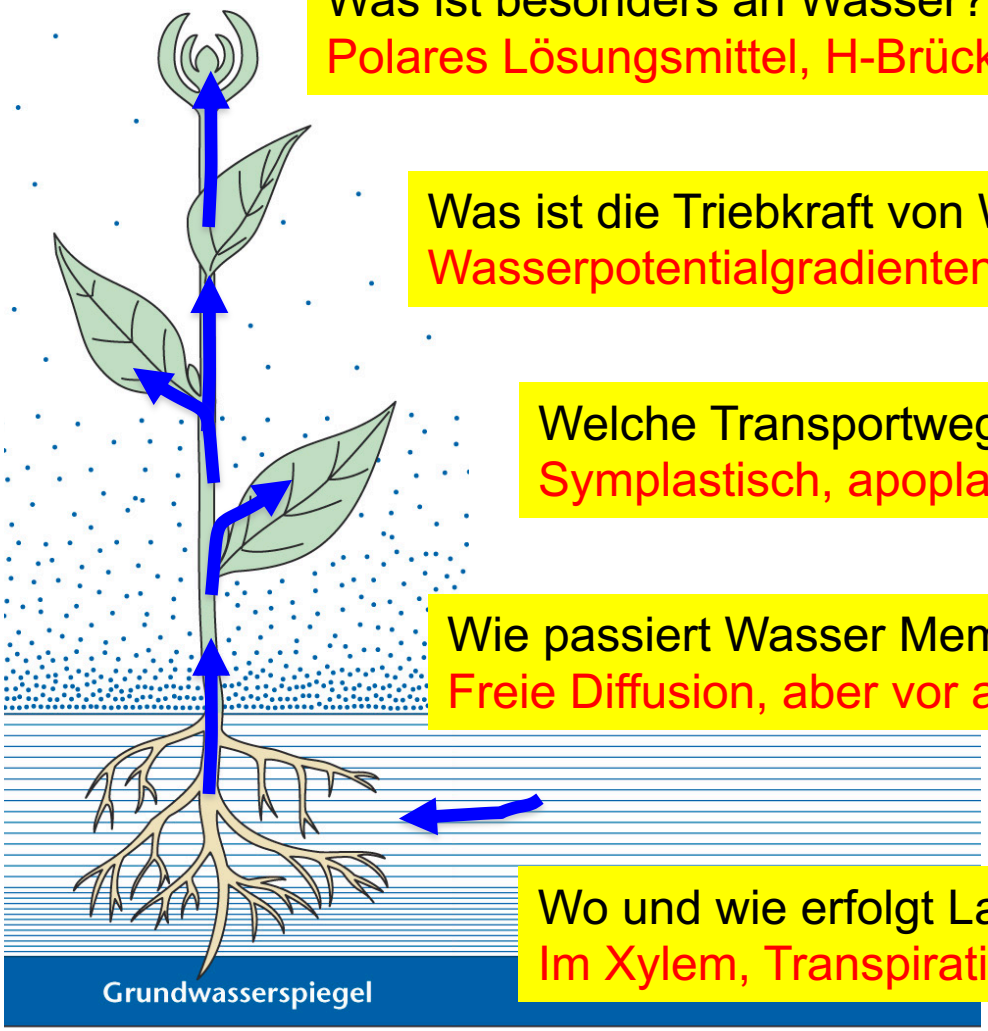
Was ist besonders an Wasser?
Polares Lösungsmittel, H-Brücken, Amphoter

Was ist die Triebkraft von Wassertransport?
Wasserpotentialgradienten

Welche Transportwege gibt es in der Pflanze?
Symplastisch, apoplastisch

Wie passiert Wasser Membranen?
Freie Diffusion, aber vor allem durch Aquaporine

Wo und wie erfolgt Langstreckentransport?
Im Xylem, Transpirationssog, (Wurzeldruck)



Aus: Strasburger, *Lehrbuch der Botanik, 36. Aufl.*
© Spektrum Akademischer Verlag GmbH 2008